

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie loupání ocelových tyčí

Technology Peeling Proposal of Steel Bars

Student:

Gerhard KOCINEC

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana PETRŮ, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student:

Gerhard Kocinec

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

**Návrh technologie loupání ocelových tyčí
Technology Peeling Proposal of Steel Bars**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky loupání tyčí.
2. Popis stávající technologie loupání tyčí v TŽ, a. s.
3. Návrh vhodných řezných parametrů pro loupání ocelových tyčí.
4. Zhodnocení a shrnutí přínosů pro výrobu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání:

Datum odevzdání:



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

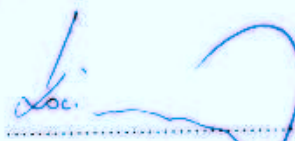


Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

21.5. 2012


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě

21.5. 2012

Jméno a příjmení autora práce

Adresa trvalého pobytu autora práce


podpis

Gerhard KOCINEC

Třinec V ul. Sosnová 381



ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOCINEC, G. *Návrh technologie loupání ocelových tyčí : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 42 s. Vedoucí práce : Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologie loupání ocelových tyčí. Teoretická část se zabývá popisem technologie loupací linky, břitových destiček různých firem a měření laserovým zařízením Mitutoyo 512A. Praktická část se zabývá dlouholetým experimentováním s parametry v praxi loupací linky u technologie loupání dvou ocelí S355J2G3 a 42CrMoS4 na loupací lince LANDGRAF T80. Byly porovnány břitové destičky na dvou ocelích a srovnáván výkon výroby loupáního materiálu. Práce byla zhodnocena na vizualizaci kvality obrobeného povrchu loupané tyče u obou ocelí, při nejvhodnějších, praxi určených parametrech řezných nástrojů.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KOCINEC, G. *Technology Peeling Proposal of Steel Bars: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 42 p. Thesis head : Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.

The bachelor's thesis deals with a proposal of technology for peeling steel bars. Its theoretical part focuses on the description of technology behind a peeling line, on blade plates manufactured by various companies, and on measurement with the laser device Mitutoyo 512A. In the practical part a long-term experimentation with parameters of using a peeling line is looked into, concerning peeling technology for two types of steel S355J2G3 and 42CrMoS4 with the peeling line LANDGRAF T80. The blade plates of two types of steel were compared as well as efficiency of the peeled material production. The thesis was further evaluated through visualisation of peeled bar worked surface quality of both types of steel, using the most suitable cutting tools parameters set by use in practice.



OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	7
ÚVOD.....	8
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY LOUPÁNÍ TYČÍ.....	11
1.1 Technologický tok loupání.....	11
1.2 Charakteristika procesu třískového obrábění pro loupání.....	12
1.3 Ocelové tyče se značkou oceli S355J2G3 (1.0577) dle EN 10025-2.....	13
1.3.1 Technologie loupání ocelových tyčí pro ocel S355J2G3.....	14
1.4 Ocelové tyče se značkou oceli 42CrMoS4 (1.7227) dle EN 10083-1.....	17
1.4.1 Technologie loupání ocelových tyčí pro ocel 42CrMoS4.....	17
2. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE LOUPÁNÍ TYČÍ V TŽ,a.s.....	19
2.1 Loupaní tyčové oceli.....	19
2.2 Loupací linky.....	19
2.3 Popis loupací linky LANDGRAF T80.....	20
2.4 Upnutí loupného materiálu.....	23
2.5 Manipulace s materiálem pro loupací linku LANDGRAF T80.....	25
3. NÁVRH VHODNÝCH ŘEZNÝCH PARAMETRŮ PRO LOUPÁNÍ OCELTYČÍ...27	27
3.1 Určení řezných parametrů.....	27
3.1.1 Návrh řezných parametrů oceli S355J2G3.....	29
3.1.2 Návrh řezných parametrů oceli 42CrMoS4.....	30
3.2. Seřízení nožových držáků s břitovými destičkami.....	32
3.3 Měření a kontrola průměru technologického loupání ocelových tyčí.....	33
3.3.1 Laserové měření loupných ocelových tyčí.....	34
4. ZHODNOCENÍ A SHRUTÍ PŘÍNOSU PRO VÝROBU.....	37
ZÁVĚR.....	39
POUŽITÁ LITERATURA.....	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	43



SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

+AR	válcování (bez zvláštního tepelného zpracování nebo válcování)
+M	termomechanické válcování
+N	normalizační válcování, konečný stav dle EN 10025-2
+SH	válcování a loupání, konečný stav dle EN 10277-2
*****	*****
D-díl	Komponent specifického systému automobilu, jenž má zvláštní vliv na bezpečnost automobilu.
D-materiál	Válcovaný materiál pro výrobu D-dílů.
KB	Kontrolní bod.
KP	Kontrolní postup.
VH	Válcovna předvalků a hrubých profilů.
VJ	Válcovna drátů a jemných profilů.
VJez	Úpravna ušlechtilých ocelí.
PPo	Pracovní postup.
STAKU	Elektrolytická fosfátovací linka.
TOP	Technicko-organizační pokyn.
VDA 6.1	Systém managementu jakosti pro dodavatele v automobilovém průmyslu.
Z9	Kontrola průměru a povrchu na loupacím stroji.
*****	*****
D	průměr loupané tyčové kulatiny [mm]
HRC	tvrdost podle Rockwela
HB	tvrdost podle Brinella
Ra	parametr drsnosti povrchu loupáných ocelových tyčí [μm]
R_m	mez pevnosti v tahu oceli [MPa]
a	délka nájezdu úběru břitové destičky [mm]
a	vzdálenost středu průřezu loupané kulatiny od laserového přístroje [mm]
a_p	hloubka třísky [mm]
b	vzdálenost k tečně obrobené loupané kulatiny od laserového přístroje [mm]



b	šířka břitové destičky [mm]
f	posuv na otáčku [mm]
l	délka ocelové tyče [m]
l	délka břitové destičky [mm]
l_n	délky opotřebení břitu (hladící plocha břitové destičky) [mm]
m	hmotnost výroby loupaných tyčí [kg]
n	otáčky za minutu [min^{-1}]
s	tloušťka břitové destičky [mm]
t	čas opotřebení břitové destičky [min]
α	úhel hřbetu [$^\circ$]
β	úhel břitu [$^\circ$]
v_c	řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
γ	úhel čela [$^\circ$]



ÚVOD

Tato práce se bude zaměřovat na technologii výroby loupáných ocelových tyčí, která se v dnešní době čím dál tím více rozvíjí ve strojírenském, ale i hlavně v automobilovém průmyslu.

Technologie loupání ocelových tyčí je proces, který patří mezi kategorie pro strojní třískotvorné obrábění ocelových kruhovitých tyčí. Tento technologický proces obrábění nám slouží k dosažení přesného jmenovitého průměru v tolerančních řadách h13 – h11 – h9 pro hřídel, drsnosti povrchu Ra cca [$1\mu\text{m}$] a k odstranění povrchových vad (tzv. technologické loupání) vzniklých při válcování ocelových tyčí kruhovitěho průřezu.

Technologie výroby loupáných ocelových tyčí v Třineckých železárnách, a. s. se už aktivuje od střední tratí VH, dále kontijemné tratí VJ a finalizující polotovary ve středisku Žilhána a úpravna ušlechtilé oceli. Provádí se kontrola povrchových a vnitřních vad na defektoskopických linkách. Na požádání zákazníka se dále zpracovává drsnost povrchu leštěním a rovnáním. Některé operace zahrnují hrotování a povrchové úpravy účinných antikoročních povlaků. Následovně se loupané polotovary expedují nejenom k různým tuzemským odběratelům, ale i k zahraničním, kteří tyto polotovary zpracovávají z většího procenta pro automobilový průmysl jako D-díly, k tváření za studena, nebo k zápusťkovému a volnému kování.

Třinecké železářny, a. s. patří k průmyslovým podnikům s tradiční výrobou oceli, polotovarů a válcovaných produktů patřících do kategorie výrobků založených na čistotě nejen Třinecké oceli. Pokrok a cílevědomost v hutnictví je prosazovat se v konkurenceschopnosti technologických cest konvertorové výroby oceli, zpracování mimopecních technologií a plynulého blokového odlévání určené pro výrobu kolejnic, ale také sochorové kontilití v oblasti válcování drátu a nižších rozměrových řád na kontijemné válcovně u které tvoří široký sortiment dlouhých válcovaných výrobků.

Hlavním cílem Třineckých železáren, a. s. je od roku 1996 zaměření výrobní strategie na zkvalitnění výroby u finální úrovně svých produktů. Výroba sochorů, ze kterých se válcují vývalky o průměru 300mm se speciálním chemickým složením a hutní výrobky drátového profilu od průměru 5,5 do 20 mm přes speciální tyčové oceli. Byly také zahájeny výroby nových tvarů válcovaných profilů u kolejnic a speciálních profilů pro automobilový průmysl. Hnací silou technicko-technologického pokroku je trh založený na požadavku kvality výrobku a ekonomiky plynoucí z úspor v řetězci technologické cesty. Kvalita výrobků je především



zaměřena na povrchovou a vnitřní homogenitu, která se prověřuje na moderních defektoskopických linkách. Při dnešním požadavku na finalizaci hutního výrobku za studena je nezbytně nutné nabídnout odběrateli tyče loupané, leštěné či hrotované nebo následně jinou technologii opracovávané. Velice žádané na trhu jsou dlouhé tažené výrobky, které se speciálně povrchově upravují (fosfátováním na STAKU linkách).

Velice důležitým obdobím 90. let minulého století bylo proniknutí a udržení konkurenceschopnosti na evropské a světové trhy s hutní i strojírenskou výrobou. V roce 1991 se rozhodlo o zrealizování systému jakosti v Třineckých železárnách, a. s. podle požadavků evropských norem ISO řady 9000 a po dobu dvou let byla v říjnu 1993 ukončena přípravná fáze úspěšným certifikačním auditem. Certifikovaný systém jakosti podle normy ČSN ISO 9001 je ve shodě s mezinárodními normami a předpisy. Poskytuje záruky v tom, že jsou vytvořeny podmínky pro schopnost dodávky se zákazníkem definovanými požadavky.[7]

Zavedené systémy jakosti odpovídající předvýrobní, výrobní a povýrobní činnosti v hutním provozu a zaměření na striktní požadavky podle EN ISO 9001:2000. Od března 2000 je zaveden a certifikován management jakosti v automobilovém průmyslu podle norem VDA 6.1. Následně v srpnu 2001 vlastní Třinecké železářny, a. s. certifikát ESM dle EN ISO 14001.[7]

Nedílnou součástí Třineckých železáren, a. s. je provoz VJez Žíhárna a úpravna ušlechtilých ocelí, která se zaměřuje na tepelné zušlechťování válcovaných polotovarů žháním a také strojním opracováním kruhové oceli (loupáním). Koncepce rozvoje finalizuje tyčovou ocel, která zahrnuje rozsáhlé prověřování povrchových a vnitřních vad, dále mechanické opracování a jak už bylo zmíněno jejich tepelným zpracováním. Tento provoz finalizuje tyčové polotovary za studena vesměs pro automobilový průmysl na D-díly.

Při technologickém loupání se vytváří přesné jmenovité rozměry pro hřídel v tolerančních řadách dle normy ČSN EN20 286-2a kvalitních bezšroubovitých povrchů loupané tyče za pomoci řezných nástrojů (břitových destiček). Z hlediska technologie obrábění materiálů je obrobitelnost jednou z hlavních vlastností materiálu. V obecném smyslu ji pak lze definovat jako míru schopnosti daného materiálu při zpracování určitou metodou obrábění.

Cílem bakalářské práce je srovnávání dvou ocelí S355J2G3 a 42CrMoS4 při jejich technologickém loupání. U technologického loupání oceli S355J2G3 s tvrdostí HB 260 využíváme vyšších řezných otáček a rychlejšího posuvu na dosažení kvalitních povrchů loupáných tyčí a samozřejmě vyššího výkonu výroby, než je tomu u značky oceli 42CrMoS4 s tvrdostí oceli HB 350. Ocel 42CrMoS4 je náročnější pro technologii loupání ocelových tyčí.

1. ÚVOD DOPROBLEMATIKY LOUPÁNÍ TYČÍ

1.1 Technologický tok loupání

Technologie loupání ocelových tyčí je jedním z důležitých výrobních procesů a technologických toků pro výrobu různých součástí např. D-materiálů. Využívá se nejen ve strojírenském průmyslu, ale i v jaderné energetice a hlavně pro automobilový průmysl. Loupané ocelové tyče jsou dodávány jako polotovary, ale i finální výrobky. Pro firmy, které nemají zavedenou loupací technologii obrábění, je velice nákladné vybudování loupacích center a následný technologický výrobní tok.

Jedním z důležitých parametrů určující výslednou kvalitu výrobku je metrologie. Na mysli je konkrétně drsnost povrchu, která je hlavním činitelem koroze a vzniku únavového lomu, ke kterému dochází obvykle na povrchu nebo těsně pod povrchem součásti.

Loupáním ocelových tyčí odstraňujeme povrchové vady, které nám vznikají při válcování kruhových tyčí. Povrch válcované tyče se obrábí loupáním 1 až 3 mm a tím se z většího procenta odstraní povrchové vady, zapříčiňující lom polotovaru a znehodnocení finálního výrobku. K určení shodné výroby, se po loupání ocelových tyčí postupuje do dalšího technologického toku na defektoskopické linky. Probíhá tam kontrola povrchových a vnitřních vad (ultrazvukem).



Obr. 1 Defektoskopická linka s ultrazvukem *Karl Deutsch*



1.2 Charakteristika procesu třískového obrábění pro loupání

Při třískotvorném obrábění je silovým působením řezného nástroje, jehož řezný klín vniká pod povrch obrobku, ocelová tříska. Její vznik je podmíněn, ale i provázen elastickou a plastickou deformací povrchu obrobku s jeho zpevněním. Předpokládané zpevnění po vyčerpání plasticity dospěje ke kluzu uvnitř materiálu a následnému vytvoření třísky. Vytváří se nám za účelem dosažení požadovaného tvaru, rozměrů a jakosti povrchu součásti. Probíhající proces v reálném čase a prostředí je ovlivňován a charakterizován celou řadou veličin, které jsou dány před řezným procesem. Určují průběh a popisují jeho výsledek.

Vstupními charakteristikami obrábění jsou vlastnosti soustavy stroj, nástroj a obrobek.

- **Stroj** - charakterizuje jeho tuhost, která se v průběhu jeho životnosti opotřebením mění.
- **Nástroj** - lze definovat materiálem určitých vlastností (pevnost, tepelná vodivost apod.), způsobem upnutí a v neposlední řadě řeznou geometrií.
- **Obrobek** - je definován svými rozměry, fyzikálními vlastnostmi, chemickým složením a tepelným zpracováním, strukturou a způsobem upnutí.

Hlavní činitel, který ovlivňuje volbu řezných podmínek pro funkci nástroje při všech metodách obrábění je obrobiteľnosť. Jedná se prakticky o vyhodnocování úběru obráběného materiálu (velikost objemu materiálu odebraného za jednotku času) pomocí přesně specifikovaného řezného nástroje při smluveném konstantním průřezu třísky (např. pro podélné obrábění: hloubka třísky $a_p = 2$ až 3 mm, posuv na otáčku $f = 0,25$ mm), a to v daném řezném prostředí.

Obrobiteľnosť materiálů vypovídá zejména o mechanických a fyzikálních vlastnostech materiálu, o chemickém složení materiálu, jeho struktuře, ale také způsobu výroby polotovaru.



Obr. 2 Ocelová tříška ve vyvážecím kontejneru

Obrobitelnost závisí na určitých faktorech:

- způsob výroby a tepelné zpracování obráběného materiálu,
- mikrostruktura obráběného materiálu,
- chemické složení obráběného materiálu,
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu,
- metoda obrábění,
- řezná geometrie nástroje,
- druh a vlastnosti nástrojového materiálu.

1.3 Ocelové tyče se značkou oceli S355J2G3(1.0577) dle EN 10025-2

Je to nelegovaná konstrukční jakostní ocel. Ocel není určena k tepelnému zpracování, krom výrobků dodávaných ve stavu +N, které mohou být následně po expedování tvářeny zatepla a nebo normalizačně žíhány. Žíhání k odstranění vnitřního pnutí je dovoleno. Jsou vhodné pro svařované konstrukce a strojní součásti s vyšší mezí kluzu, staticky i dynamicky namáhané. Ocel je také vhodná ke svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a jeho pevností se mohou vyskytovat trhliny za studena. Ocel je vhodná pro běžné operace mechanického opracování (kvůli dobré tažnosti se mohou projevit problémy při lámání třísek).

Značení pro tepelné zpracování ocelových tyčí se značkou oceli S355J2G3:

- +N - normalizační válcování, konečný stav dle EN 10025-2
- +M - termomechanické válcování
- +AR - válcování (bez zvláštního tepelného zpracování nebo válcování)
- +SH - válcování a loupání, konečný stav dle EN 10277-2

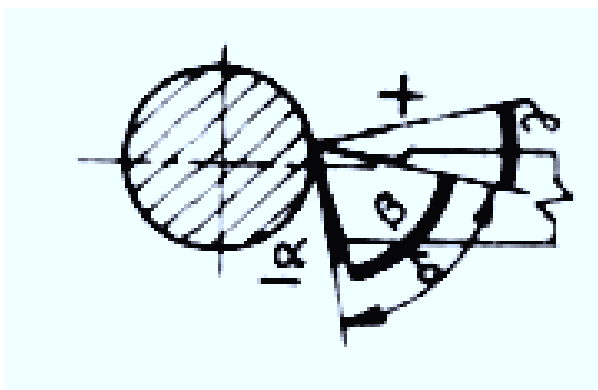
1.3.1 Technologie loupání ocelových tyčí pro ocel S355J2G3

Pro loupání ocelových tyčí se značkou ocele S355J2G3 se využívají na loupací lince LANDGRAF T80 dvě vyměnitelné břitové destičky od firmy *Tribo* LNGY 4010H – C15 s kombinací dvou vyměnitelných břitových destiček od firmy *Seco* 7988 - 08 1025 - 2/4 –TP300 a karbidových podložek pod břitové destičky o tloušťce 5,8 a 5,5 mm. Tyto břitové destičky se vpravují do držáků nožů naproti sobě. Po dlouholeté praxi a technologickém vývoji loupání na loupací lince LANDGRAF T80 se tato kombinace břitových destiček a podložek vyplatí pro výrobu loupáných tyčí. Pod břitovou destičku s označením C15 a pracovní mezí pevností R_m pro ocel v rozsahu 500 – 1200 MPa, dáváme karbidovou podložku o tloušťce 5,8 mm a u břitové destičky s označením TP300 v pracovním rozsahu mezí pevností R_m pro ocel 300 – 1000 MPa, dáváme zase nižší karbidovou podložku o tloušťce 5,5 mm.



Obr. 3 Ustavení břitových destiček a podložek

Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci „vstupní charakteristika obrábění“, je důležitým faktorem pro obrábění *tuhost stroje*. Po letech provozu loupací linky se vytvářejí rezonance, které vznikají u loupání ocelových tyčí s nižší mezi pevností oceli R_m [MPa]. Projevuje se to na loupáném materiálu v podobě šroubovitých vln. Při rezonanci stroje vzniká mezi břitovou destičkou malý tlak na materiál s nižší pevností a ten pak zapříčiňuje chvění mezi držáky nožů. Abychom tento negativní jev zmírnili, nebo odbourali, dáváme pod břitovou destičku vyšší karbidovou podložku. Geometrie nože se dostane nad osu loupáného materiálu, ale zvýší se tím tlak mezi břitovými destičkami a opracovávaným materiálem.



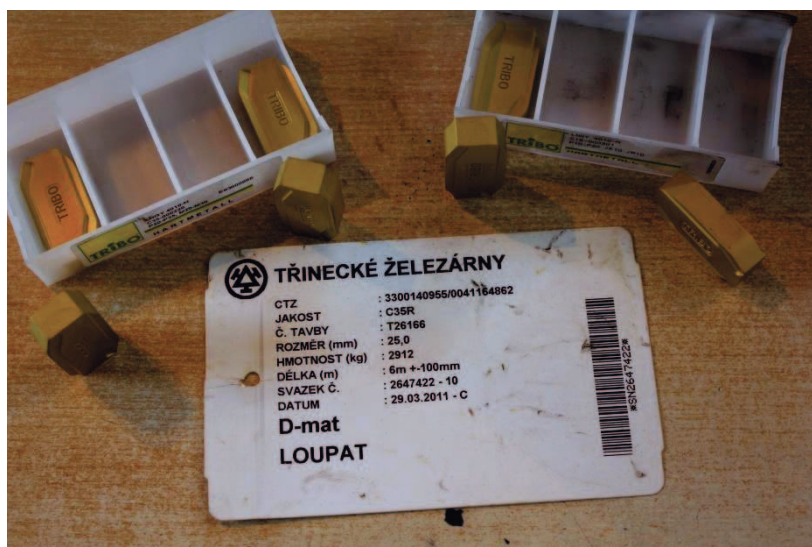
Obr. 4 Geometrie břitové destičky nad osou obrábění

Dáme-li pod břitovou destičku tenčí karbidovou podložku, tím se nám geometrie nožů dostává do osy loupáného materiálu, potom se začíná rezonance stroje projevovat čím dál tím více a vzniká na loupané tyči vlnitá šroubovice.

Tab. č.1 Parametry břitové destičky C15

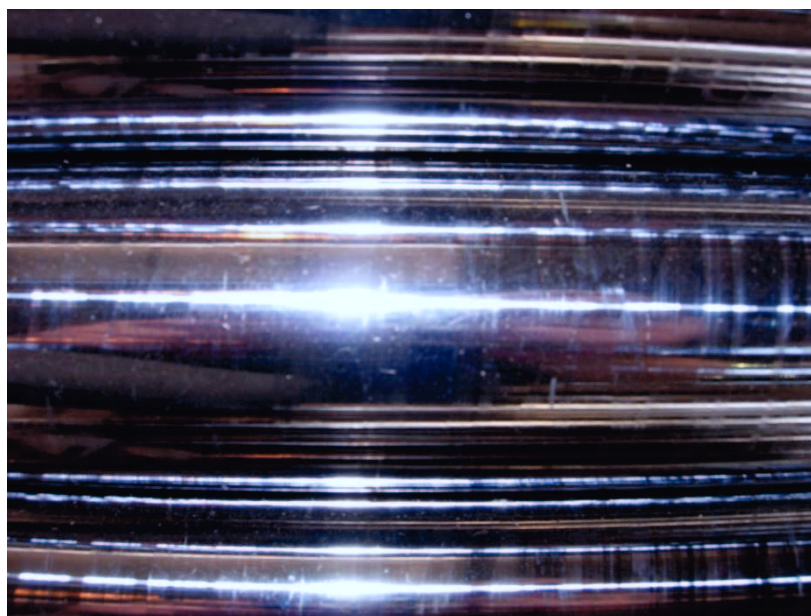
LNGY 40...

	mm	l	l _p	b	s	α _e	max. a _p
LNGY 4010		40,00	20,0	20,00	10,0	25°	3,5
LNGY 4012		40,00	20,0	20,00	12,0	25°	3,5
	inch	l	l _p	b	s	α _e	max. a _p
LNGY 4010		1.5748	0.7874	0.7874	0.3937	25°	0.1181
LNGY 4012		1.5748	0.7874	0.7874	0.4724	25°	0.1181



Obr. 5 Břitové destičky firmy Tribo C15

Při nastavení správných řezných parametrů na loupací lince, nám vytváří žádaný hladký povrch s minimálním parametrem drsnosti R_a [μm] loupané ocelové tyče.



Obr. 6 Povrch žádané výroby loupané tyče oceli S355J2G3

1.4 Ocelové tyče se značkou oceli 42CrMoS4 (1.7227) dle EN 10083-1

Ocel legovaná Cr-Mo-S, k ušlechťování a k povrchovému kalení pro výkovky. Ocel je dobře tvářitelná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobitelná. Vhodná k zušlechťování, pro předvalky tvářené za tepla, válcované tyče, dráty, širokou ocel, plechy a pásy válcované za tepla, volné a zápustkové výkovky. Je vhodná pro povrchové kalení. Tvrdost povrchově kalené vrstvy závisí na způsobu kalení, rozměru a geometrickém tvaru součástí a je cca 54 – 60 HRC. Užívá se na součásti s vysokou houževnatostí v automobilovém a leteckém průmyslu např. klikové a pastorkové hřídele, velmi namáhané strojní součásti a ozubená kola vyráběná sériově trískovým obráběním.

1.4.1 Technologie loupání ocelových tyčí pro jakost oceli 42CrMoS4

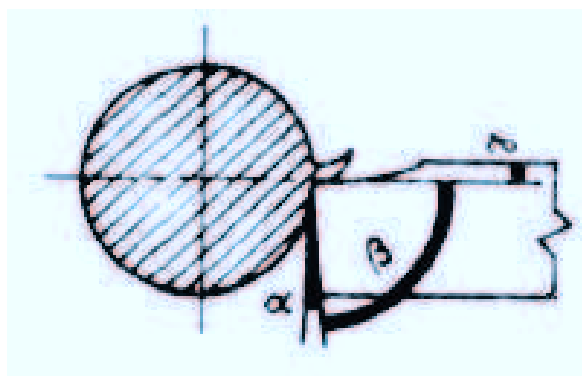
U těchto materiálů je technologie loupání ocelových tyčí odlišná a náročnější na udržení povrchové kvality, než je tomu u ocelí se značkou S355J2G3. Velice náročné je i udržet přesnější toleranci pro jmenovitý průměr loupané ocelové tyče. Zákazník chce mít loupáný materiál bez tepelné úpravy jako polotovar, z důvodu pozdější povrchové úpravy kalením. Na takové jakosti ocelí se využívají břitové destičky od firmy *Boehlerit*, která nabídla břitové destičky pro „hard steel“ s označením LNGF 2010 BML – H1 LC218E. Pracovní mez pevností R_m pro ocel mají v rozmezí 850 – 1300 MPa. Pro loupanou ocel se používají čtyři břitové destičky s označením LC218E, ale dvě naproti sobě karbidové podložky o tloušťce 5,5 mm a dvě naproti sobě karbidové podložky pod břitové destičky 5 mm a to kvůli eliminaci rezonance loupacího stroje z důvodů tuhosti stroje.

Tab. č.2 Parametry břitové destičky LC218

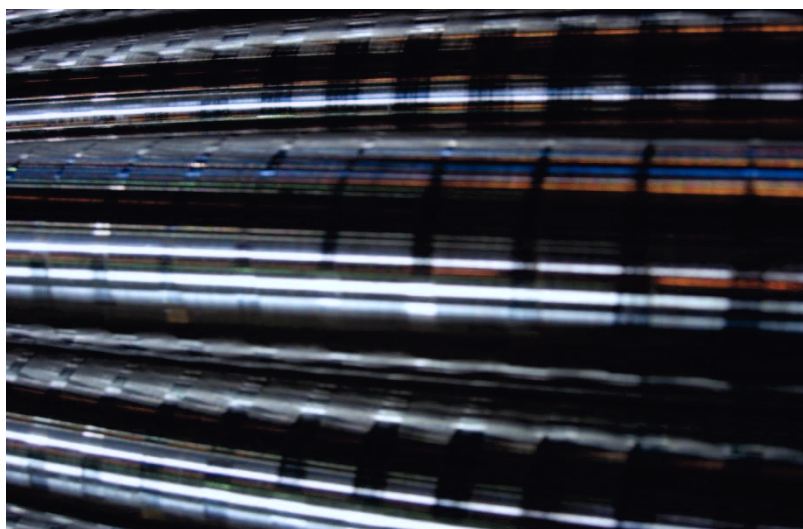
LNGF	Abmessungen Dimensions	Sorten Grades					
		LC218E			LC228E		
Bestellbezeichnung Ordering code	L	I	B	s	a	κ	
LNGF-2010-BML-H1	20	40	20	10,2	3,5	25°	●
LNGF-2010-BML-M1	20	40	20	10,2	3,5	25°	●
LNGF-2010-BML-W1	20	40	20	10,2	3,5	25°	●
LNGF-2012-BML-H1	20	40	20	12,2	3,5	25°	●
LNGF-2012-BML-M1	20	40	20	12,2	3,5	25°	●
LNGF-2012-BML-W1	20	40	20	12,2	3,5	25°	●
LNGF-2812-BML-H1	28	46	20	12,2	2	20°	○
LNGF-2812-BML-M1	28	46	20	12,2	2	20°	○
LNGF-2812-BML-W1	28	46	20	12,2	2	20°	○



Obr. 7 Břitové destičky firmy Boehlerit LC218E



Obr. 8 Geometrie břitové destičky v záporném úhlu čela

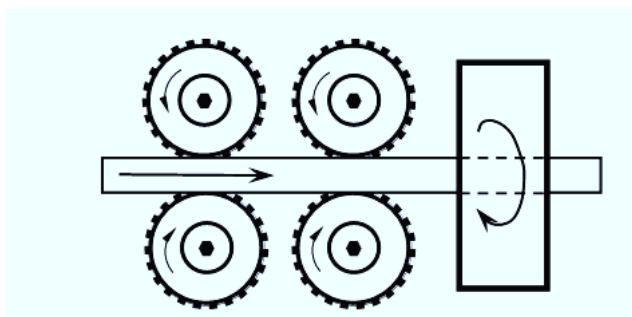


Obr. 9 Povrch žádané výroby loupané tyče oceli 42CrMoS4

2. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE LOUPÁNÍ TYČÍ V TŽ, a.s.

2.1 Loupaní tyčové oceli

Hlavní charakteristika loupání je přímočarý pohyb upnutého obrobku do točících se kolem své osy čtyřech naproti sobě uložených válců směřující s obrobkem kruhovitěho průřezu do rotující obráběcí hlavy se čtyřmi řeznými nástroji. Tyto řezné nástroje pomocí silového působení vnikají pod povrch obrobku a odebírají z povrchu obrobku třísku. Její vznik je podmíněn, ale i provázen elastickou a plastickou deformací povrchu obrobku s jeho zpevněním.



Obr. 10 Přímocharý posuv obrobku při loupání

2.2 Loupací linky

Nedílnou součástí pro středisko úpravna ušlechtilých ocelí jsou dvě loupací linky a to LANDGRAF T80 a LANDGRAF T75. Obě tyto loupací linky jsou konstrukčně stejné a obrábějí na stejném principu, ale každá z nich je začleněna pro jiné technologické operace.

LANDGRAF T80 je komplexnější pro výrobu loupáných kulatin malých, středních a velkých průměrů do 80mm a různých technologických přeloupávek. Dodržují se na něm mezní úchytky tolerančních polí pro jednotlivé hřídele podle normy ČSN EN 20 286-2 h13, h11 a h10. Přísnější tolerance h9 se postupuje velmi zřídka, kvůli menší tuhosti konstrukce stroje a nástrojů v obráběcí hlavě.

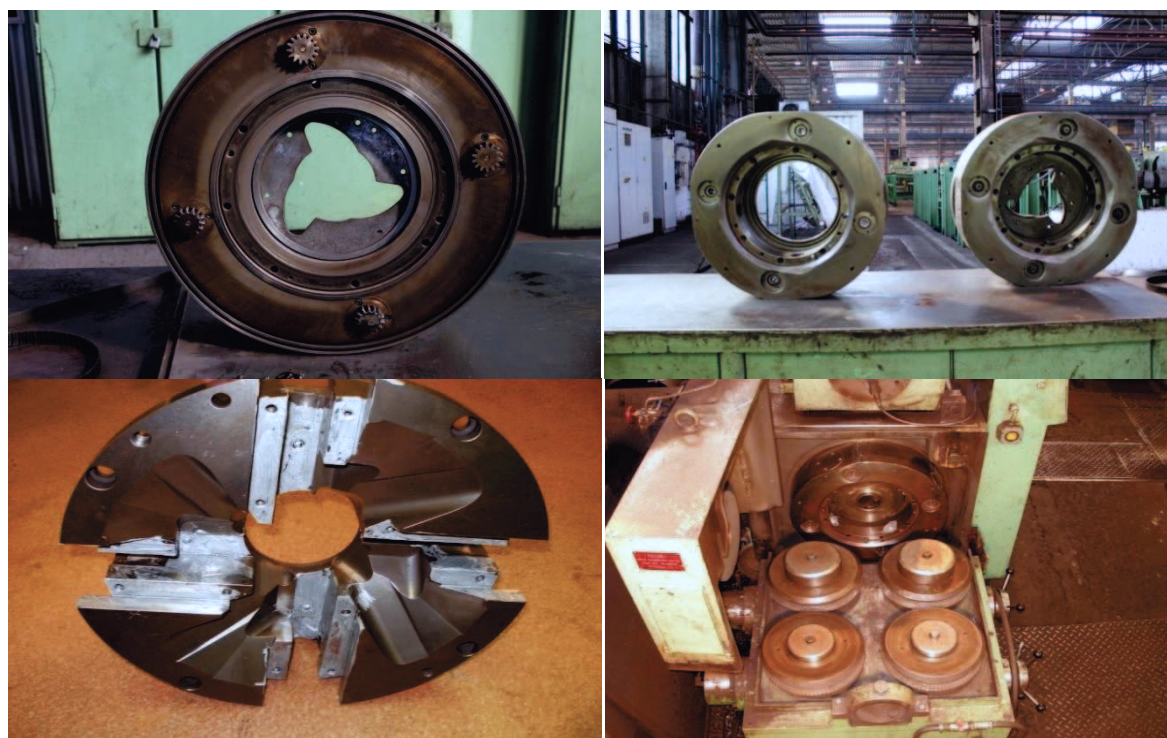
LANDGRAF T75 je začleněn pro výrobu loupáných kulatin malých průměrů od 16,5mm a středních průměrů. U tohoto stroje není problémem udržet přísnější mezní úchytku toleranční hodnoty podle normy ČSN EN 20 286-2 s tolerancí pro jednotlivé hřídele h9.

2.3 Popis loupací linky LANDGRAF T80



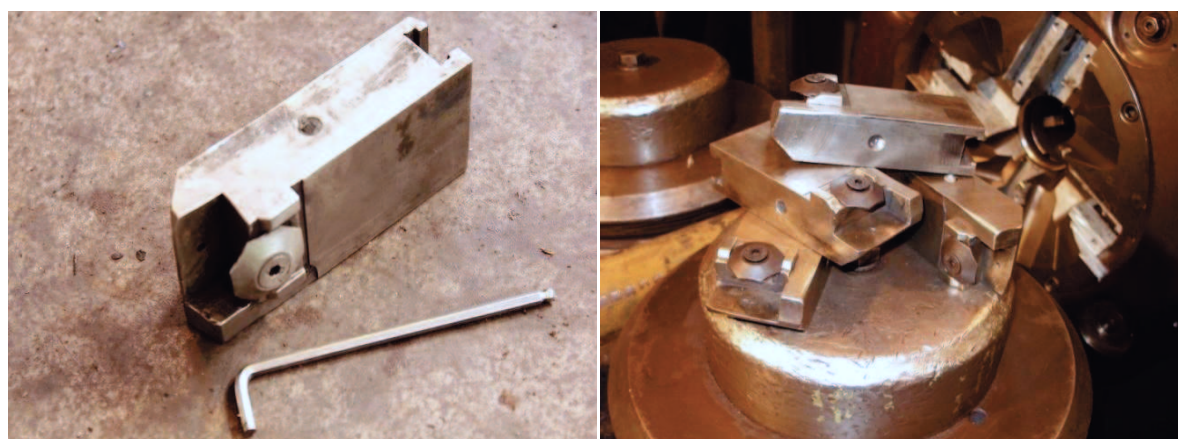
Obr. 11 LANDGRAF T80

LANDGRAF T80 je obráběcí stroj pro loupání kruhových ocelových tyčí ve kterém je hlavní unášecí hlava poháněna elektrickým motorem přes řemenici a pás. V této hlavní unášecí hlavě je vpravena obráběcí hlava se čtyřmi držáky a nástroji. Spolu tvoří jeden celek, v němž je průchozí dutina, kterou prochází loupáný materiál daného průměru



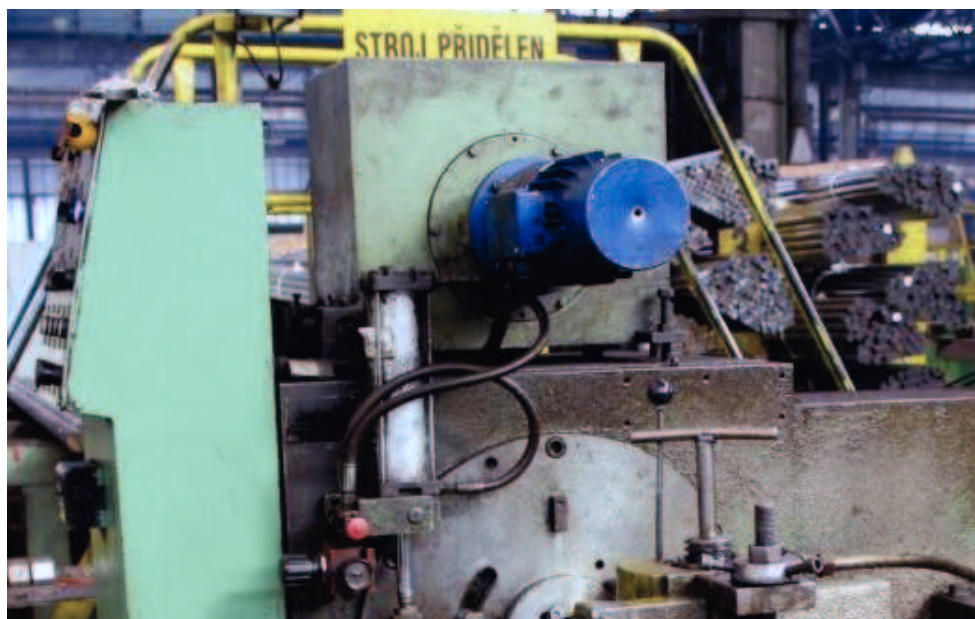
Obr. 12 Hlavní unášecí a obráběcí hlava

Obráběcí hlava je vyfrézovaná z vysoce kvalitní zušlechtěné nástrojové oceli vysokých pevností, která se skládá ze čtyř nožových držáků. Jsou konstrukčně ustaveny naproti sobě s příložkami, které chrání držáky proti opotřebení třískou vzniklou při obrábění. Tyto nožové držáky mají ustavené lůžka ke třem plochám, aby byl zachycen hlavní směr řezných sil, které zatěžují nástroje (břitové destičky). Velice důležitým faktorem je upínací mechanismus (upínka) břitové destičky. Ten nám zabezpečuje spolehlivost upnutí. V celém rozsahu řezných podmínek nesmí upínka bránit odchodu třísek a musí umožňovat snadnou výměnu opotřebované břitové destičky.



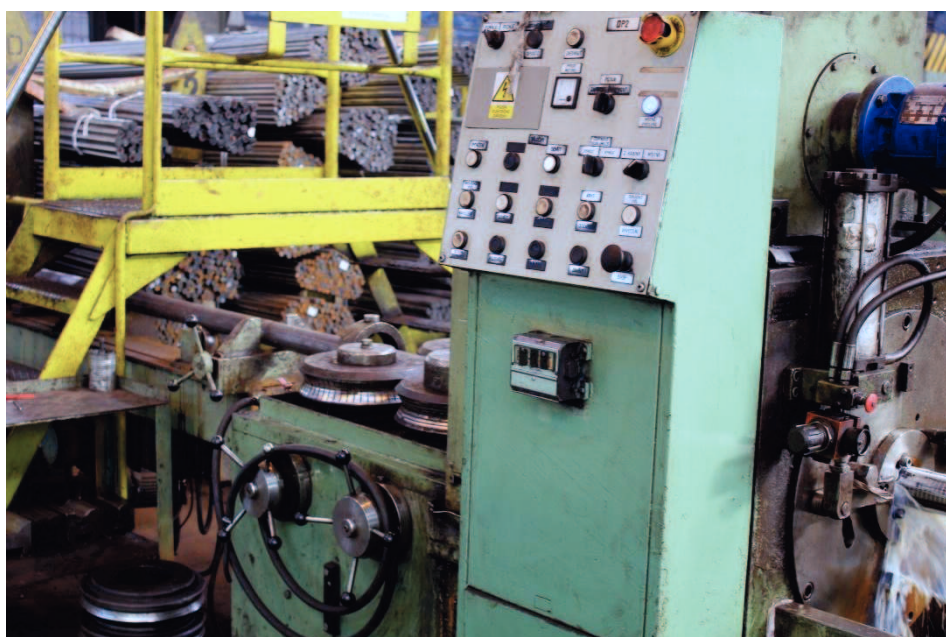
Obr. 13 Nožové držáky a jejich upínka

Při nastavování na daný průměr a žádané tolerance nám slouží harmonická převodovka spojena hřebenovými řemeny s unášecí a obráběcí hlavou. Má za úkol přenášet přes ozubené a šnekové ústrojí na unášecí hlavu spolu s držáky nožů centrovaný pohyb ke středu a od středu těchto hlav, jak za provozu loupací linky (při obrábění), tak i v klidovém režimu loupací linky. Nastavování průměru a tolerancí se provádí na ovládacím panelu LANDGRAFU T80 za vizualizace analogového číselníku, který je vyobrazen na setiny milimetrů. Tento analogový číselník nám orientačně zobrazuje nastavený jmenovitý průměr s tolerancí. Pro určení přesné tolerance nám slouží jiná měřící zařízení, s kterými se budeme zabývat v pozdějších kapitolách.



Obr. 14 Harmonická převodovka stavění nožů

Harmonickou převodovku pohání elektromotor ovládaný pomocí ovládacího panelu na loupací lince. Elektromotor má elektromagnetickou brzdu, která má za úkol okamžitě zabrzdit motor při seřizování průměru loupáných tyčí a tolerancí. Na obr. 15 je ovládací panel, který nám slouží pro výměnu rezných nástrojů, seřízení průměru loupané tyče a bezpečnostního nouzové zastavení na celé loupací lince (červené tlačítko STOP).



*Obr. 15 Ovládací panel loupací linky **LANDGRAF T80***

2.4 Upnutí loupaného materiálu

K upnutí a vedení loupané ocelové kulatiny je nezbytně nutný hydraulický agregát, který vytváří v celém hydraulickém okruhu tlak o 5 až 9 MPa. Hydraulický agregát vyvíjí tlak na čtyři naproti sobě válce s upínacím suportem při vyvádění loupané ocelové tyče loupací linky. Dalším médiem je stlačený vzduch, který vede do vstupních a výstupních lunet.



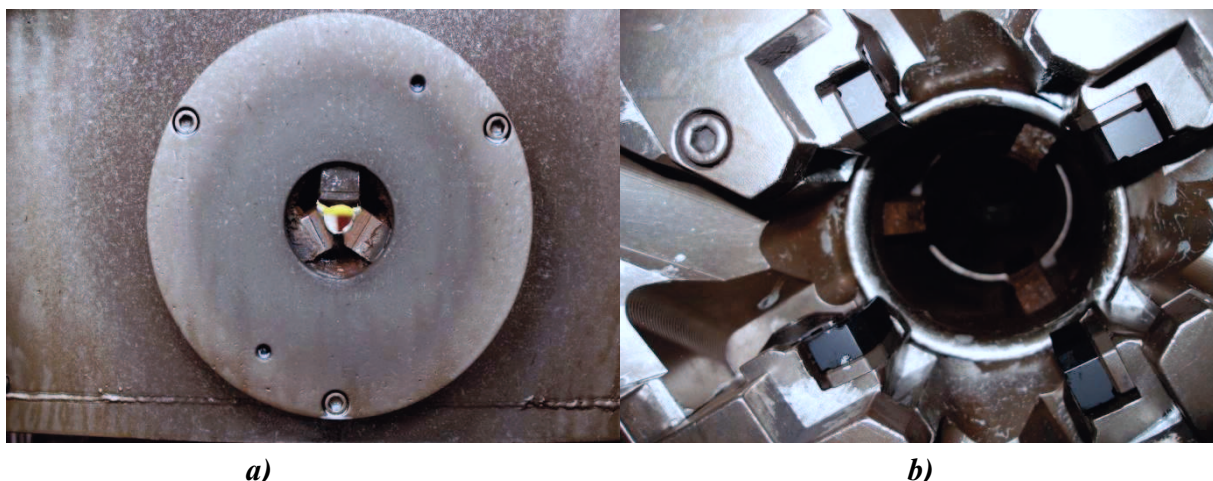
Obr. 16 Upnutí loupané ocelové tyče suportem

Válce jsou nasunuté na hřídele a ty jsou pak poháněny přes ozubené převody převodovky speciálním výkonným elektromotorem. Válce se pomocí hydraulického tlaku stahují, roztahují a seřizují na daný průměr šnekovým ústrojím. Je důležité tyto válce přesně vycentrovat, kvůli stejnému úběru po obvodu obrobku. Důležitým faktorem při upínání válců (poháněcích a volnoběžných) je seřízení tlaku na hydraulickém agregátu. V praxi je známo, že každá ocel má jiné vnitřní pnutí a s tímto fyzikálním jevem musíme vycházet na loupací lince LANDGRAF T80 při seřizování křivosti vyloupaných ocelových kulatin, které by měly být pro další zpracování a uložení v úložných boxech rovné. Zhruba cca 1 až 2mm/1m.



Obr. 17 Seřizování poháněcích a volnoběžných válců

K dalšímu potřebnému upnutí a vedení materiálu potřebujeme stlačený vzduch. Stlačený vzduch je filtrován přes tlakové potrubí do vstupních a výstupních lunet. Vstupní lunety nám slouží k centrovanému zavádění válcovaných ocelových kulatin na nástroje v obráběcí hlavě. Lunety se centricky svírají a rozevírají podle potřeby na daný průměr, které aretujeme šroubem. Hlavy vstupních lunet jsou vyráběné z oceli, protože není důležité, zda se povrch materiálu před loupáním mechanicky poškodí. Výstupní lunety pracují na stejném principu, avšak jsou vyráběny z mosazi a umístěny za obráběcí hlavou. U výstupních lunet je důležité, aby jejich hlavy byly z měkkého materiálu a to takového, který mechanicky nepoškodí výsledný obráběný materiál loupané ocelové tyče a zároveň, aby se neopotřeboval v krátkém časovém intervalu.



a)

b)

Obr. 18 a) Vstupní lunety

b) Výstupní lunety

2.5 Manipulace s materiálem pro loupací linku LANDGDRAF T80

Pro přísun materiálů k obrábění černých válcovaných ocelových kulatých tyčí nám slouží navážecí rošt s přísunovým dopravníkem, na který navezeme podle operativního plánu určený svazek zakázky. K zpracování zakázky se musí k navážecímu roštu pověsit jeden identifikační štítek na určené místo a druhý identifikační štítek se musí pověsit na určené místo sběrné kapsy. Následně rozstříhneme svazek svázaný ocelovým drátem nebo páskou. Nesmí se rozstříhnout svazek nové zakázky či tavby, když není dodělána předchozí zakázka nebo tavba. Musí se dodržet technologický prostoj pro zavedení údajů do podnikového programu *Delfin*, ve kterém se zpracovávají a ukládají přes datovou síť různá data.

Na veškeré nedostatky z hlediska kvality materiálu na své i po předchozí směně upozorní operátor loupací linky svou přímou nadřízenou osobu. Při jakékoliv neshodnosti a odklonu od výroby (špatné označení svazku identifikačním štítkem, chybějící identifikační štítky, v hmotnosti svazku, průměru válcovaných ocelových tyčí, atd.), se další úprava materiálu zastaví až do odstranění příčiny (jiskrová zkouška svazků, nebo provedení spektro-analytické zkoušky dané tavby a zakázky v technologickém toku).

Na navážecím roštu jsou umístěny ve spodní části tzv. záchytné palce, které mají značný význam pro zachycení rozkrouleného svazku. Rozkutálená kulatina by nám mohla zasypat navážecí dopravník a tím by nám zastavila sériovou výrobu pro přísun loupané kulatiny.

Pro výstupní část nám slouží odsunový dopravník s roštem a sběrnými kapsami. Tyto kapsy se dají regulovat pro určený objem vyloupaného materiálu, avšak maximálně do pěti tun. Ze sběrných kapes se pak materiál převáží mostovým jeřábem do dalšího technologického toku zpracování výroby loupáných ocelových tyčí.

*a)**b)*

Obr. 19 a) Navázeční rošt s přísunovým valníkem

b) Odsunový valník s roštem a sběrnými kapsami



Obr. 20 Mostový jeřáb č.6 pro převážení svazků loupané kulatiny



3. NÁVRH VHODNÝCH ŘEZNÝCH PARAMETRŮ PRO LOUPÁNÍ OCELOVÝCH TYČÍ

3.1 Určení řezných parametrů

Pro loupání ocelových tyčí stanovujeme řezné parametry podle jakosti materiálů. Tyto materiály obsahují různé chemické prvky ať už s větším či menším procentuálním obsahem uhlíku, který má vliv na opotřebení břitových destiček. Materiály se vykazují různou mezi pevností v oceli R_m [MPa]. Mez pevnosti zjistíme pomocí závodního programu *Delfin*, ve kterém jsou veškeré informace testů, zkoušek a chemických analýz daného materiálu. Tyto informace jsou průběžně dodávány v průběhu technologického toku materiálů.

Před loupáním obsluha zjistí požadované následující hodnoty loupaného materiálu:

- průměr tyčí před a po loupání
- toleranci jmenovitého průměru (h_9 ; h_{10} ; h_{11} ; h_{13} ; atd.)
- parametr drsnosti povrchu R_a [μm](pokud je vyžadována zákazníkem)
- mez pevnosti oceli R_m [MPa]
- způsob úpravy konců tyčí (deformace a otlaky konců)
- přímost materiálu (2mm/1m)
- úběr materiálu, třísky a_p (0,5 až 4mm)

Budeme-li srovnávat parametry loupání u dvou ocelí S355J2G3 a 42CrMoS4, výsledek bude markantně rozdílný. Pro operátora loupací linky LANDGRAF T80 je směrodatná mez pevnosti oceli R_m [MPa]. Pro ocel S355J2G3 je mez pevnosti R_m 565 MPa a ocel 42CrMoS4 má mez pevnosti R_m 710 MPa. Od této důležité hodnoty se odvíjí seřízení řezné rychlosti v_c [$m \cdot min^{-1}$] a řezných otáček n [min^{-1}], které stanovíme podle tabulky č. 4. Známe-li hodnotu mezi pevnosti oceli R_m [MPa], máme možnost si vybrat na daný materiál břitové destičky podle tabulky č.3 [13].

Tab. č.3 Určení břitových destiček podle mezi pevnosti oceli

R _m [MPa]	Typ	Firma
do 500 MPa	LNGY 4010H – C35	TRIBO
300 - 1000 MPa	7988 – 08 1025 – 2/4 TP300	SECO
500 - 1200 MPa	LNGY 4010H – C15	TRIBO
600 - 1300 MPa	LNGF 4010 – 3CTC115	CERATICIT
700 - 1500 MPa	LNGF 2010 BF R421	BOEHLERIT
500- 650 MPa	LNGF-2010-BML-W1LC 238 E	BOEHLERIT
600 - 850 MPa	LNGF-2010-BML-M1LC 228 E	BOEHLERIT
850 - 1300 MPa	LNGF 2010-BML-H1LC 218 E	BOEHLERIT
500 - 1250 MPa	LNGF-2010-BU-W1	BOEHLERIT

Pro stanovení parametrů posuvu na daný průměr v závislosti na mezi pevnosti ocele R_m [MPa] a úběru na obvodě loupací ocelové tyči, nám vykazuje tabulka č.4 v *Návodce loupací linky Landgraf T80* [13]. Určité stanovené parametry se už neshodují s tabulkou v *Návodce* a operátor loupací linky se snaží doladit ve vztahu stroj, nástroj, obrobek, přípravek.

Tab. č.4 Stanovení řezných parametrů pro LANDGRAF T80

Pevnost R _m [MPa]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka třísky (úběr) a _p [mm]	Řezná rychlost v _c [m·min ⁻¹] pro daný průměr D [mm]					
			22≤φ≤30	30<φ≤40	40<φ≤50	50 <φ≤ 60	59 <φ≤ 70	70 <φ≤ 79
R _m ≤ 500	550-1600	0,5 ≤ př. ≤ 1	9-16	8,5-13	7,5-12	7-10	6,5-9	5,5-7
		1 < př. ≤ 2	8,5-15	8-12	7-11	6-10	5-8,4	5-6,5
		2 < př. ≤ 3	8-13,5	7,5-10,5	6,5-10	5,5-9,9	4-6,9	4-6
500 < R _m ≤ 700	550-1400	0,5 ≤ př. ≤ 1	8,5-15	8-10	7-11	6,5-10	6-8,4	5-7
		1 < př. ≤ 2	8-14	7,5-11	6,5-10	5,5-9,4	4-7,4	4,5-6,5
		2 < př. ≤ 3	7,5-13	7-10	6-9,5	5-8,9	3,5-6,9	4-6
700 < R _m ≤ 850	550-1350	0,5 ≤ př. ≤ 1	8-14	7,5-11,5	6,5-10,5	6-9,4	4,5-7,9	4-6,5
		1 < př. ≤ 2	7,5-13	7-10,5	6-9,5	5-8,9	4-7,4	3,5-6
		2 < př. ≤ 3	7-12,5	6,5-9,5	5,5-9	4,5-8,4	3,5-6,9	3,5-5,5
850 < R _m ≤ 1000	500-1200	0,5 ≤ př. ≤ 1	7,5-13,5	7-11	6-9,5	5,5-8,9	4-7,4	3,5-6
		1 < př. ≤ 2	7-12,5	6,5-10	5,5-9	5-8,4	3,5-7	3-5,5
		2 < př. ≤ 3	6,5-12	6-9,5	5-8,5	4,5-7,9	3,5-6,5	3-5
R _m > 1000	500-1000	0,5 ≤ př. ≤ 1	7-13	6,5-10,5	5,5-9	5-8,4	4-6,9	3-5,5
		1 < př. ≤ 2	6,5-12	5,5-9,5	4,5-8,5	4,5-7,9	3,5-6,5	3-5
		2 < př. ≤ 3	5,5-10	5-9	4-8	4-7,4	3,5-6	3-4,5
AK oceli	500-700	0,5 ≤ př. ≤ 1	6,5-12,5	6-10	5-8,5	4,5-7,9	4-6,4	3-5
		1 < př. ≤ 2	6-12	5-9	4,5-8	4-7,4	3,5-6	3-4,5
		2 < př. ≤ 3	5-9,5	4,5-8,5	4-7,5	3,5-6,9	3,5-5,5	3-4,5

3.1.1 Návrh řezných parametrů oceli S355J2G3

Pro technologické loupání oceli S355J2G3, jak již bylo zmíněno v předešlých odstavcích, můžeme využívat hned několik druhů břitových destiček. Ocel S355J2G3 s mezí pevnosti R_m 565 MPa se obrábí loupáním výborně, protože patří mezi ocele měkkých jakostí.

Předepsané parametry, zjištěné pomoci programu Delfin a tabulek č.3 a č.4:

➤ mez pevnosti	R_m	–	565	MPa
➤ loupáný průměr	D	–	50	mm
➤ úběr (hloubka řezu)	a_p	–	2	mm
➤ délka 1 kusu loupané tyče	l	–	6	m
➤ řezné otáčky	n	–	800	min^{-1}
➤ řezná rychlost	v_c	–	10	$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$

Tab. č.5 Návrh parametrů pro břitové destičky C15 a TP300

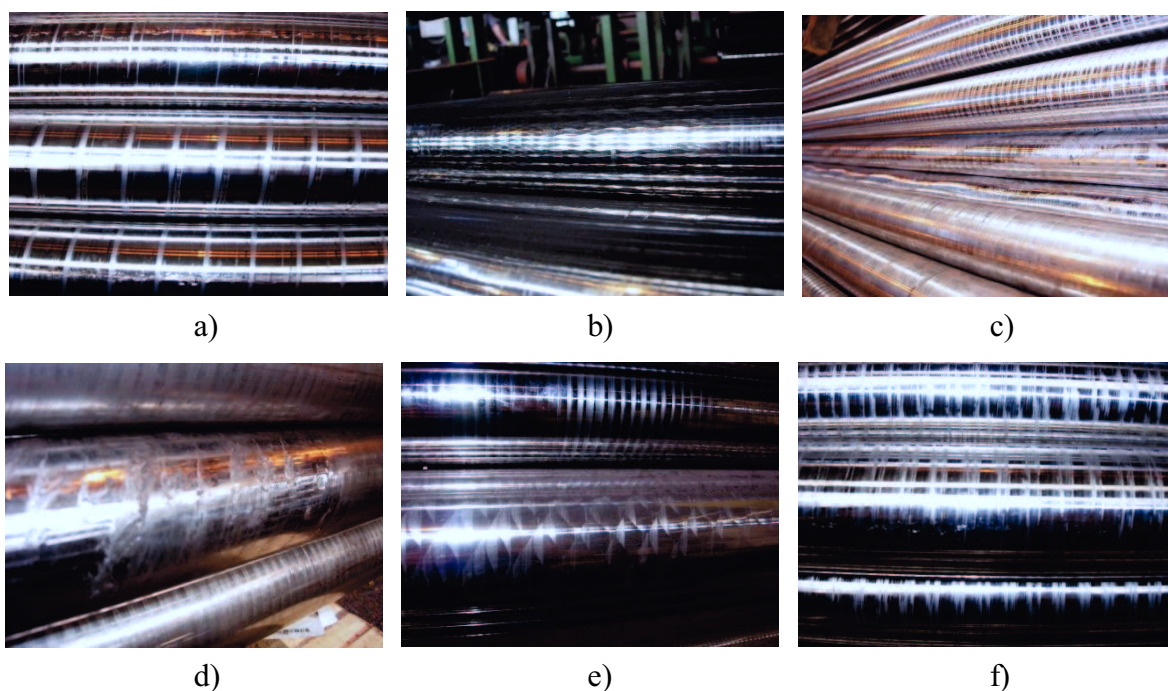
	Navržené řezné parametry pro průměr 50 mm					
	LANDGRAF T80					
Metoda obrábění oceli S355J2G3	Mez pevnosti R _m [MPa]	Řezná rychlost v _c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a _p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky t [min]
Loupání C15 – TP300	565	13	800	2	1560	120
Výroba loupáných ocelových tyčí za 120min, m [kg]	23 920					



Obr. 21 Opotřebená břitová destička TP300

Důležitým faktorem pro operátora loupací linky je kontaktní vizualizace loupané ocelové tyče. Operátor musí dbát na výrobu loupáných tyčí a nesmí pustit výrobu do dalšího technologického toku se vzniklou šroubovicí, která je zapříčiněna zlomenou břitovou destičkou, dále vlnité šroubovice, zapříčiněnou tuhostí stroje s řeznými nástroji a

špatným parametrem drsnosti loupáné tyče Ra zhruba do 1 μm , vytvářející při opotřebení břitových destiček. Několik příkladů neshodné výroby je na obr. 22.



Obr. 22 Neshodná výroba loupáné kulatiny:

- a) – šroubovice (zlomená břitová destička)
- b) – tisícíhran (nezajeté břitové destičky)
- c) – vlnitá šroubovice (tuhost loupací linky)
- d) – povrchové vady (vznik vibrací a následné zlomení břitové destičky)
- e) – šupinatý povrch (krátkodobá vibrace)
- f) – drsnost povrchu (opotřebovaná destička)

3.1.2 Návrh řezných parametrů oceli 42CrMoS4

Pro technologické loupání oceli 42CrMoS4, použijeme čtyři břitové destičky LC218E. Tyto destičky jsou nejkvalitnější pro tvrdý loupáný materiál, z dostupných dodávaných řezných nástrojů. Pod břitové destičky dáváme dvě karbidové podložky 5,5 mm a dvě do kříže podložky 5 mm, z důvodů snížení rezonancí (tuhosti loupací linky). Ocel 42CrMoS4 má mez pevnosti $R_m 710\text{MPa}$. Pro tyto oceli je obrábění loupáných tyčí náročnější z důvodů špatné obrobitelnosti materiálu.

Předepsané parametry, zjištěné pomocí programu Delfin a tabulek č.3 a č.4:

➤ mez pevnosti	R_m	–	710	MPa
➤ loupáný průměr	D	–	50	mm
➤ úběr (hloubka řezu)	a_p	–	2	mm
➤ délka 1 kusu loupané tyče	l	–	6	m
➤ řezné otáčky	n	–	550	min^{-1}
➤ řezná rychlost	v_c	–	6	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

Tab. č.6 Návrh parametrů pro břitové destičky LC218E

Metoda obrábění oceli 42CrMoS4	Navržené řezné parametry pro průměr 50 mm LANDGRAF T80					
	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Řezné otáčky n [min^{-1}]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky t [min]
Loupání LC218E	710	5,5	500	2	330	30
Výroba loupáných ocelových tyčí za 30min, m [kg]		2 530				

Tab. č.7 Experimentální parametry pro opotřebení břitové destičky LC218E

Metoda obrábění oceli 42CrMoS4	Navržené řezné parametry pro průměr 50 mm LANDGRAF T80					
	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Řezné otáčky n [min^{-1}]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky t [min]
Loupání LC218E	710	7	650	2	84	14
Výroba loupáných ocelových tyčí za 14min, m [kg]		1 290				

Ze zadaného experimentu vidíme, že při navyšování řezných parametrů vznikají nežádoucí vlivy (vyšší teplota, vysoké tření atd.), které navyšují opotřebovanost nebo lom břitových destiček.



Obr. 23 Zlomené a opotřebované břitové destičky

3.2 Seřízení nožových držáků s břitovými destičkami

Seřízení břitových destiček je důležitým prvkem pro přesný úběr po obvodě loupané ocelové tyče. Přesným seřízením řezných nástrojů se nám zvyšuje jejich životnost, protože se rozkládá obrobitelnost na čtyři břitové destičky. Neméně důležitým faktorem je, že loupací linka při velkých řezných otáčkách a špatně seřízených břitových destičkách, rozkmitává loupanou ocelovou tyč, která může nebezpečně narazit do předmětů v okolí dráhy vývodu suportu. Pak tato loupaná tyč je znehodnocená a postupuje se podle přílohy [2] pro KP ke KB Z9 bodu č.10.



Obr. 24 Seřízení břitových destiček úchylkoměrem



3.3 Měření a kontrola průměru technologického loupání ocelových tyčí

Operátor loupací linky musí striktně dodržovat KP ke KB (kontrolní postup ke kontrolnímu bodu) Z9, který je vyhotoven podle vzoru v příloze [2]. Dokument nám vytváří postup, který je zaměřen na kontrolu průměru a povrchu loupáných ocelových tyčí.

Kontrola průměru na loupací lince LANDGRAF T80 se provádí podle pracovního postupu *PPo TŽ – VJ – 15/07* v příloze [2]: *KP ke KB Z9 – Kontrola tyčí na loupacím stroji*.

Po seřízení loupací linky na požadovaný průměr při změně zakázky, tavby, nebo při každém zásahu do technologického procesu loupání (např.: seřízení přímosti loupané ocelové tyče, zjištění špatné povrchové kvality či tolerance průměru, výměně břitových destiček apod.) se vždy kontroluje prvních pět tyčí. Kontrola se provádí na místě zvoleném operátorem loupací linky. Pokud z některých určených kritérií je nevyhovující, musí se loupací linka zastavit a znovu seřídít.

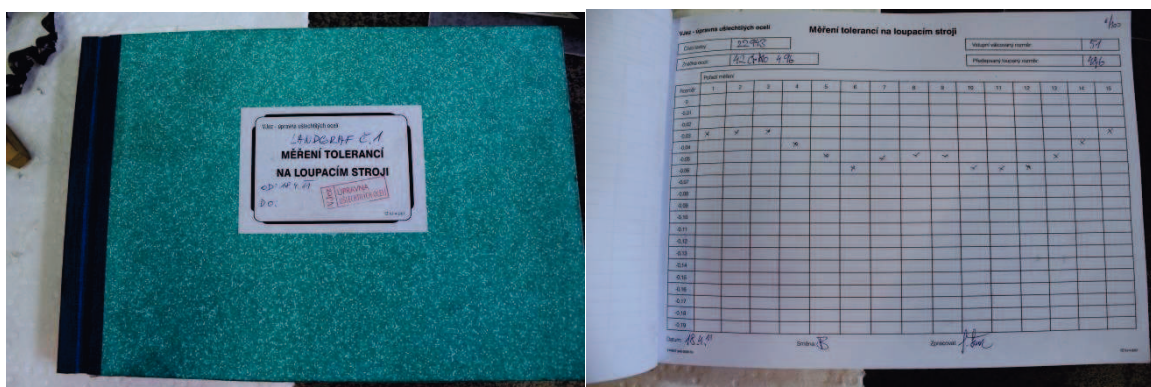
Při seřizování loupací linky se provádí měření loupáných ocelových tyčí třmenovým mikrometrem (velikost mikrometru dle průměru kulatiny) a zaznamenané hodnoty se zapisují do *Knihy měření tolerancí* obr. 24. Po kompletní evidenci celé knihy, se *Kniha měření tolerancí* ukládá do archivační místnosti sociální budovy střediska úpravy ušlechtilé oceli.

Operátor loupací linky vpisuje změřené odchylky a provádí záznam křížkem do tabulkové evidence tolerančních odchylek.

Kniha měření tolerancí obsahuje:

- identifikaci a sledovanost loupaného materiálu
- číslo tavby
- značka oceli
- vstupní průměr
- loupáný průměr
- datum, směna, zpracovatel (operátor loupací linky)
- tabulková evidence tolerančních odchylek pro jmenovitý průměr

Najede-li loupací linka na vyhovující výrobu loupáných ocelových tyčí, měření zaznamenává kontinuálně a bezkontaktně laserové měřicí zařízení *Mitutoyo 512A*. Naměřené hodnoty se automaticky zaznamenávají a ukládají do závodní datové sítě.



Obr. 25 Kniha měření tolerancí

Vyhovující loupáné ocelové tyče se ukládají do sběrných kapes loupací linky a použít se do dalšího technologického toku, jako je defektoskopická a leštící linka.

Nevyhovující loupáné ocelové tyče musí být podle PPO TŽ – VJ – 15/07 a dle KP ke KB Z9 označeny na čelní straně červenou barvou, zváženy, označené štítkem se značkou oceli, číslem tavby a musí být odvezené na místo úložiště pro odpad ocelí. Číslo úložiště odpadů ocelí zjistíme podle čísla tavby v závodním síťovém programu *Delfin*.

3.3.1 Laserové měření loupáných ocelových tyčí

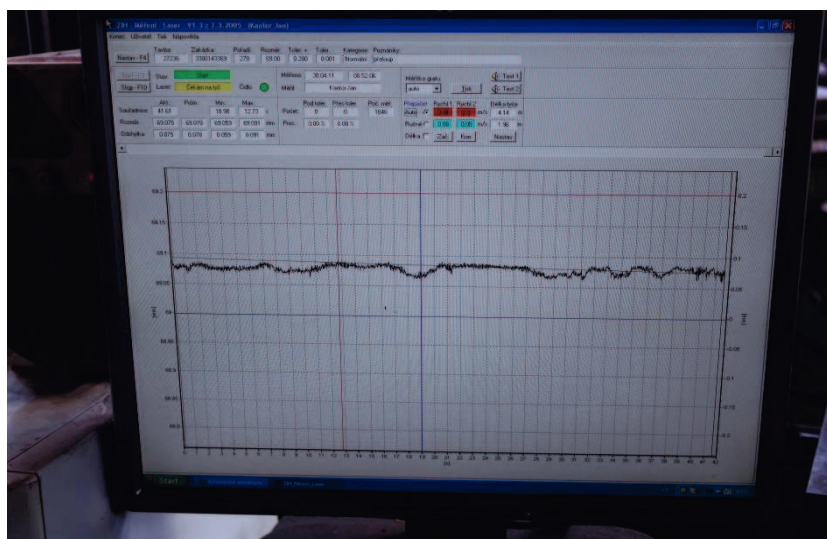
Laserové měření na loupací lince LANDGRAF T80 je bezkontaktní a kontinuální. Měří průměr loupáné ocelové tyče po celé její délce s přesností 0,001 mm.

Při každé změně zakázky se do programu pro monitoring křivky laseru zadávají tyto parametry:

- číslo zakázky
- tavba loupáných ocelových tyčí
- jmenovitý průměr loupáné tyče
- toleranční řada dle zakázky podle normy ČSN EN 20 286-2
- D - materiál – loupe-li se pro automobilový průmysl

Operátor loupací linky, který vidí vše na monitoru obr. 26, může vyhodnotit nejen celý průběh výrobní operace, ale i má kontrolu nad stavem břitových destiček. Je-li indikační výstup křivky na monitoru ve vyznačeném tolerančním poli nesouměrný, jeví

břítové destičky známky opotřebovanosti. Když indikační křivka na monitoru sejde z vyznačeného tolerančního pole, bývají ve většině případu břítové destičky zlomené.



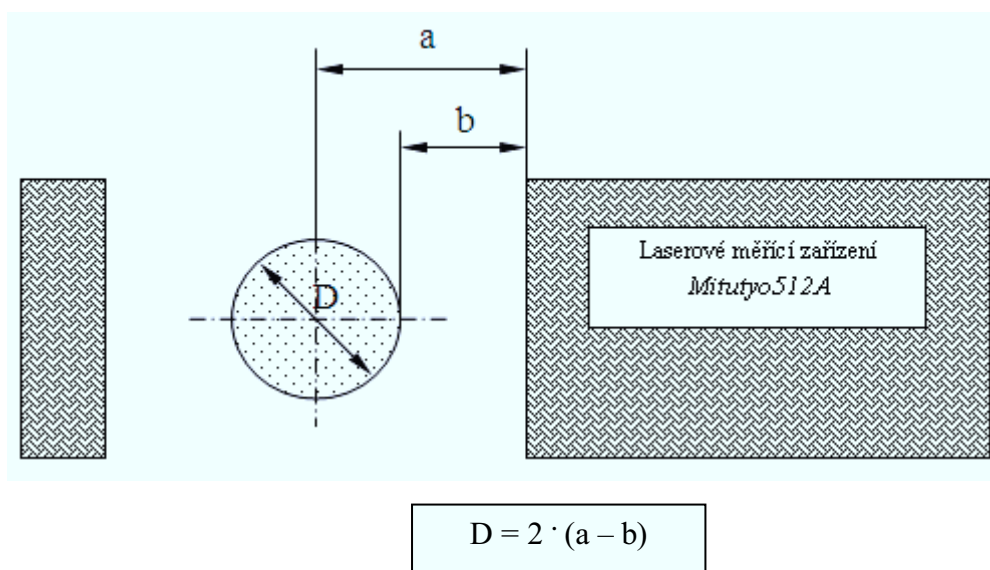
Obr. 26 Laserový monitoring (indikační toleranční křivka)

Měření loupáných ocelových tyčí se provádí na laserovém měřicím zařízení *Mitutoyo 512A*. Jak již bylo zmíněno, je to měřicí přístroj, který měří s přesností na 0,001 mm. Podléhá základním metrologickým požadavkům určené k evidenci a pravidelné kalibraci.

Laserový měřicí přístroj se skládá z:

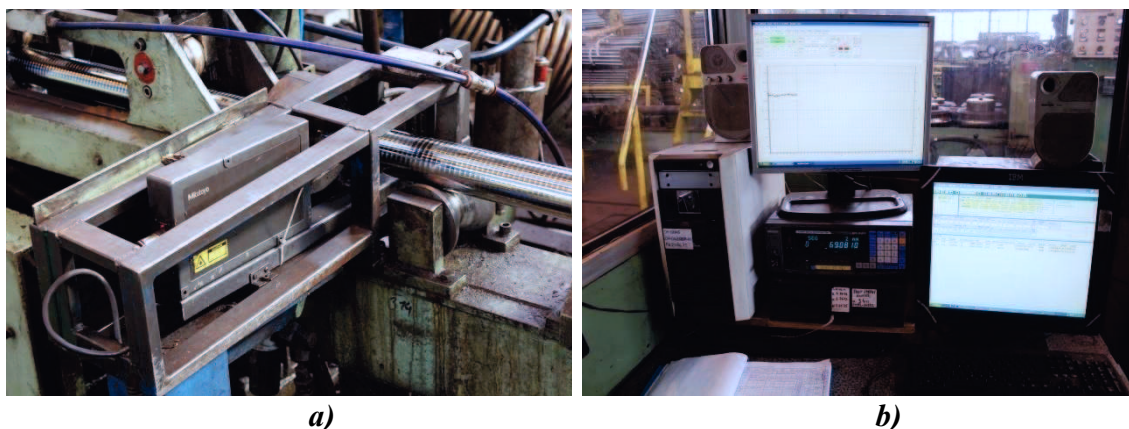
- primární měřicí hlavy *Mitutoyo 512A*,
- sekundární jednotky *LSM 6100* umístěné v ovládacím centru,
- počítače a monitoru pro monitoring a ukládání dat k archivaci v závodní síti,
- snímače rychlostí pohybu loupáných ocelových tyčí,
- „ofukem“ stlačeného vzduchu pro odstranění řezné kapaliny.

Princip laserového měření je zakreslený na obr. 27. Využívá přesné zavádění loupáných ocelových tyčí do středící konstrukce loupací linky a určuje střed průřezu kulatiny. Známe-li vzdálenost od primární měřicí hlavy ke středu průřezu loupané ocelové tyče a [mm], tak se měří a vyhodnocuje vzdálenost b [mm] k tečně obrobené loupané kulatině. Průměr D [mm] loupané tyče, je dvojnásobek rozdílu naměřených hodnot od známé vzdálenosti středu průřezu loupané tyče a primární laserové hlavy *Mitutoyo 512A*.



Obr. 27 Laserové měření průměru loupané ocelové tyče

Výhoda laserového měření loupací linky je stoprocentní kontrola loupných ocelových tyčí a plná automatizace měřicího procesu. Nezanedbatelná výhoda tohoto měření je archivace naměřených hodnot, které se zpracovávají a vyhodnocují pro další technologický tok. Naměřená data, která se vyhodnocují laserovým měřením, jsou využívána pro interní potřebu podniku.



Obr. 28 a) Primární měřicí hlava **Mitutoyo 512A**

b) Sekundární jednotka **LSM 6100** (ovládací centrum)



4. ZHODNOCENÍ A SHRUTÍ PŘÍNOSU PRO VÝROBU

Bakalářská práce se zabývá porovnáváním výroby při technologickém loupání dvou oceli S355J2G3a 42CrMoS4 o průměru loupané kulatiny 50 mm. Řezné parametry na loupací lince LANDGRAF T80 stanovíme podle Návodky loupací linky a srovnáme s výsledky s dlouholetou praxí operátora.

Hlavním cílem bylo zaměřit se na značku oceli 42CrMoS4 se špatnou obrobiteľností a navrhnout takové řezné parametry, aby nevznikaly velké ztráty v hospodárnosti jak v loupáných ocelových tyčích, tak i opotřebovanosti břitových destiček. Byl sledován vizuální parametr povrchu R_a [μm] operátorem a také laserovým měřicím zařízením Mitutoyo 512A. Na základě vizuální kontroly loupáných ocelových tyčích se může zjistit opotřebení břitových destiček (špatná drsnost povrchu loupané tyče), zlomu břitové destičky (viditelná šroubovice na povrchu loupané tyče) a nebo tuhosti loupací linky, projevující se v podobě vibrací (vlnitá šroubovice na povrchu loupané tyče).

Byl proveden experiment řezných parametrů oceli 42CrMoS4 s mezí pevnosti R_m 710 MPa a ve výsledku je znatelná změna při nižších řezných otáčkách n 500 min^{-1} , se snižuje čas opotřebení břitových destiček, popřípadě lomu destiček, ale zvýší se shodná výroba loupáného materiálu, než je tomu u řezných otáček n 650 min^{-1} zhruba o polovinu. Byli použité břitové destičky firmy *Boehlerit* LC218E U ocele S355J2G3 je znatelně markantní výroba loupáného materiálu při námi stanovených řezných parametrech z důvodů vynikající obrobiteľnosti oceli s mezí pevnosti R_m 565 MPa.

Dále se bakalářská práce zabývala okrajově tuhosti loupací linky, obrobku a řezného nástroje, u kterého není možné využít plně parametry obráběcího stroje a řezných nástrojů. Negativně se projeví tato skutečnost také na výsledku technologii obrábění loupáných tyčích. Byl vytvořen experiment s oceli S355J2G3, který viditelně funguje v praxi a to změna geometrie břitových destiček před a za osou loupáných ocelových tyčích za pomoci karbidových podložek pod břitové destičky. Do kříže naproti sobě byly vpraveny pod břitové destičky firmy *Tribo* C15 dvě podložky 5,8 mm a dvě položky 5,5 mm pod břitové destičky firmy *Seco* TP300. Tento experiment se projevil v podobě kvalitního povrchu loupáných tyčích, snížené tuhosti řezných nástrojů na obrobek a také nižší opotřebovanosti břitových destiček.

Loupáním se odstraňují povrchové vady, vzniklé při válcování kruhových tyčích. Povrchy válcovaných tyčích se obrábějí až do úběru 3mm, a z většího procenta se odstraní nežádoucí povrchové vady, zapříčínující lom polotovaru a znehodnocení finálního výrobku.



Technologií loupání ocelových tyčí vytváříme budoucnost v podobě výroby polotovarů strojních, nebo automobilových součástí, na které jsou kladeny vysoké nároky bezpečnosti zdraví lidského jedince. V posledních letech prošla technologie obrábění značnými změnami. Zkvalitněli výrobu břitových destiček ze slinutých karbidů, na které se nanášejí různé povlaky zamezujícím jejich opotřebení a zvyšující zlepšení řezných parametrů. Je to důsledek snahy o zrychlení a zvýšení jakosti výrobního procesu a technologického toku. Tento jev se projevuje ve všech strojírenských a automobilových odvětvích.



ZÁVĚR

Cílem práce bylo posouzení technologií loupání dvou od sebe rozdílných materiálů a jejich povrchů, který je jedním z důležitých parametrů určujících výslednou kvalitu výrobku. Loupáním se také odstraňují povrchové vady, které vznikají při válcování kruhových tyčí. Povrch válcovaných tyčí se obrábí 1 až 3 mm a tím se odstraňují povrchové vady, zapříčiňující lom polotovaru a znehodnocení finálního výrobku.

Pro srovnání technologie loupání tyčí byli vybrány ocelové tyče značky oceli S355J2G3 a ocelové tyče značky oceli 42CrMoS4. Při technologickém loupání oceli S355J2G3 s mezi pevnosti oceli R_m 565 MPa a průměrem 50 mm, byli vyzkoušené břitové destičky firmy *Tribo* C15, pod které jsme vpravili karbidové podložky tloušťky 5,8 mm a do kříže břitové destičky firmy *Seco* TP300 s vpravenými karbidovými podložkami o tloušťce 5,5 mm. Ve srovnání s loupáním oceli 42CrMoS4 s mezi pevnosti oceli R_m 710 MPa a průměrem 50 mm zase byli vyzkoušené břitové destičky firmy *Boehlerit* 218E pod které byli vpraveny do kříže karbidové podložky 5,5 mm a 5 mm. Pomocí rozdílných karbidových podložek jsme se dostali spolu s geometrií řezných nástrojů nad osu loupáného materiálu nebo před osu loupáného materiálu.

Výsledkem tohoto experimentu bylo dosažení zmírnění nebo zrušení vibrací mezi loupáním materiálem a řeznými nástroji, při značně zhoršující tuhosti loupací linky LANDGRAF T80.

Dále byla posuzována výroba dvou značek ocelí S355J2G3, 42CrMoS4 loupáných ocelových tyčí stejných průměrů 50 mm, hloubkou třísky a_p 2 mm, stanovení jejich parametrů a výsledky výroby. Při technologickém loupání značky oceli S355J2G3 pevnosti oceli R_m 565 MPa jsme seřídili loupací linku s parametry: řezná rychlost v_c 13 m·min⁻¹, řezné otáčky 800 min⁻¹. Při nastavení těchto parametrů jsme vyloupali 1560 m a 23 920 kg loupáných tyčí shodné výroby po dobu 120 minut, než se opotřebili nebo znehodnotili břitové destičky C15 a TP300.

U značky oceli 42CrMoS4 průměru 50 mm, hloubky třísky a_p 2 mm a pevnosti oceli R_m 710 MPa jsme volili odlišné parametry s ohledem na vyšší mez pevnosti v oceli R_m [MPa]. Loupací linka byla seříděna s parametry: řezná rychlost v_c 5,5 m·min⁻¹, řezné otáčky 500 min⁻¹. Při nastavení těchto parametrů jsme vyloupali 330 m a 2 530 kg loupáných tyčí shodné výroby po dobu 30 minut, než se opotřebili nebo znehodnotili břitové destičky LC218E.

Při experimentu opotřebení břitových destiček jsme nastavili vyšší parametry u stejné značky oceli 42CrMoS4 se stejným průměrem 50 mm tyče a mezi pevnosti R_m 710 MPa.



Loupací linka byla seřízena s parametry: řezná rychlost v_c $7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, řezné otáčky 650 min^{-1} . Při nastavení těchto parametrů jsme vyloupali 84 m a 1 290 kg loupáných tyčí shodné výroby po dobu 14 minut, než se opotřebili nebo znehodnotili břitové destičky LC218E.

Došli jsme u experimentu k závěru, že výsledkem při vyšších nastavených parametrech se snižuje shodná výroba loupáných ocelových tyčí u oceli 42CrMoS4, snižuje se kvalita povrchů loupáných tyčí, vznikají nám větší náklady řezných nástrojů a v neposlední řadě se vytvářejí prostoje na výměnu břitových destiček, což se může projevit v hospodárnosti loupacího centra.



POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 126 s. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, 150 s. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie : část 1*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 104 s. ISBN 80-248-0671-1.
- [6] HRUŠKA, Karel; FRANK, Petr; HRUŠKA, Karel. *Řízení jakosti a metrologie*. Vyd. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. 179 s. ISBN 80-7204-302-1.
- [7] HAULEROVÁ, Stanislava; WAWRACZ, Jiří. *160 let železáren v Třinci: 1839 – 1999*. Vyd. 1 Třinec : Třinecké železářny, 1999. 150 s.
- [8] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích strojů : 1. část*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. Vyd. 2. 148 s. ISBN 80-248-1053-0.
- [9] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje: 1. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. Vyd. 3. 192 s. ISBN 80-7078-941-7
- [10] LEIVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel; ŘASA, Jaroslav. *Strojnické tabulky : Upravené a doplněné vydání*. 3 Vyd. Praha : Pedagogické nakladatelství SCIENTIA, 1999. 1000 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [11] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [12] Kontrolní postup ke Kontrolnímu bodu Z9. In Třinecké železářny. *Technicko – organizační pokyn TŽ-09/01*. 2012
- [13] TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, Třinec. *Návod na loupací linku LANDGRAF T80*. 2012. 10 s.



- [14] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Pracovní postup PPO-TŽ-VJ-15/07 : kontrola, úprava, uložení, značení, manipulace a předávání tyčové oceli VLz v Úpravně ušlechtilých ocelí.* 2012. 31 s.
- [15] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Technicko – organizační pokyn : metrologické zabezpečení měřidel.* 2012. 23 s.
- [16] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Technicko – organizační pokyn : řízení metrologie.* 2012. 12 s.
- [17] ČSN 42 6515 : Tyče kruhové z ocelí tříd 11 až 17 a 19 loupané, s úchylkami h9, h11 a h19 : rozměry. Praha : Vydavatelství norem, 1972. 12 s.
- [18] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, *Výrobní program skupiny Třineckých železáren – Moravia steel.* Ostrava. 2007. 38 s.



SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A	Schéma rozestavení LANDGRAFU T80
PŘÍLOHA B	KONTROLNÍ POSTUP KE KONTROLNÍMU BODU Z9

PŘÍLOHA A

Schéma rozestavení LANDGRAFU T80

- 1) Nakládací rošt
- 2) Přisunový valník
- 3) Podávací a volnoběžné role
- 4) Loupací zařízení
- 5) Odsunový suport
- 6) Převodová skříň
- 7) Hlavní el. pohon
- 8) Odsunový valník
- 9) Odsunový rošt
- 10) Sběrná kapsa
- 11) Hydraulická jednotka
- 12) Kabina(ovládací centrum)

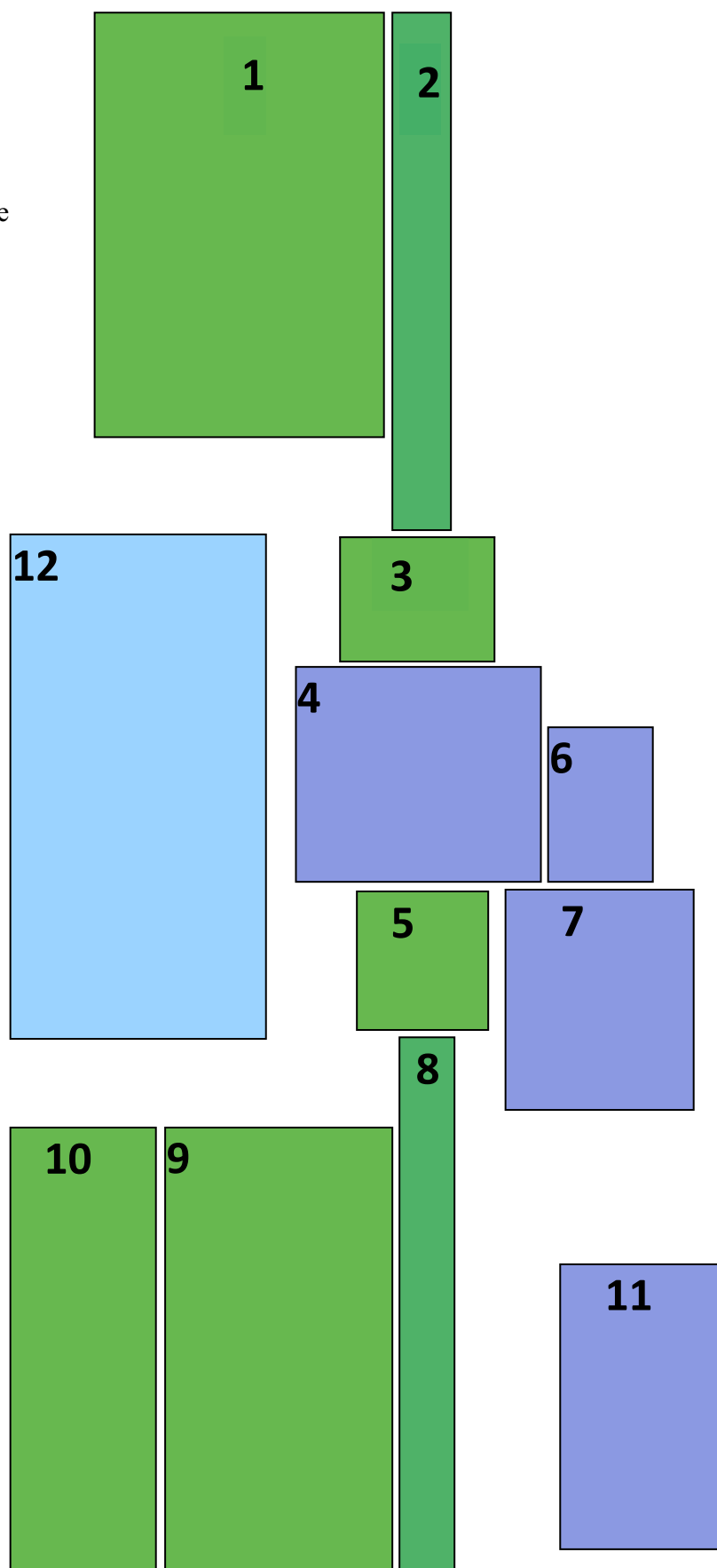
Hlavní agregáty



Pomocná zařízení



Ovládací prvky





PŘÍLOHA B KONTROLNÍ POSTUP KE KONTROLNÍMU BODU Z9

KONTROLA TYČÍ NA LOUPACÍM STROJI

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | Místo kontroly, odběru | Loupací stroj v úpravě ušlechtilých ocelí. |
| 2. | Kontrolovaná oblast,
parametr, vzorek | Průměr a povrch loupáné tyčové kruhové oceli. |
| 3. | Kdo měří, odebírá | Loupač úpravny ušlechtilých ocelí. |
| 4. | Postupy měření,
vzorkování | 100% kontinuální bezkontaktní měření průměru laserem,
kontrola tolerance průměru mikrometrem a vizuální
kontrola povrch tyčí. |
| 5. | Měřicí a kontrolní
zařízení | <u>Průměr</u> – měřicí hlava Mitutoyo (typ LSM-512),
mikrometr
<u>Povrch</u> – vizuální kontrola dle vzorníku vad |
| 6. | Interval a počet měření,
odběru vzorníku | <u>Povrch:</u>
a) první tyč ze zakázky a tavby
b) u každého loupáného svazku, průběžná
namátková kontrola
<u>Průměr:</u>
a) 100% laserem: každou tyč
b) mikrometrem: první a poslední tyč tavby, při
seřazení loupací linky, změně průměru, min. 5x
za směnu mikrometrem na místě zvoleném
loupačem |
| 7. | Zvláštní podmínky
měření, vzorkování | Pro loupání tyčí délky větší než 6 m určené pro fy
Schondelmaier GmbH Presswerk na Landgrafu.1
se vypíná ofuk pro laserové měření (pro zanechání
olejového filmu na povrchu tyče) – provádí se měření
dle bodu č.6 pro průměr pouze mikrometrem. |
| 8. | Odkaz na určující
kritérium | Požadavky na kontrolu loupáných tyčí určené zakázkou
v programu „Delfin“ – pohled na zakázku v SAP R/3
(transakce ZVZAK02P nebo ZVZAK02R), dle
ČSN 42 6515, ČSN 42 0134. |
| 9. | Kdo posuzuje | Loupač střediska Vjez – samokontrola. |



10. Označení
nevyhovujícího stavu Červenou barvou na čelo loupané tyče a štítkem tavby, značky ocelí, rozměrů a hmatností. Uloží na místo určené pro šrot, taktéž tuto skutečnost eviduje v programu „Delfin“, transakce C200P – hlavní program.
11. Způsob dokumentace
výsledků Povrch:
Vyhovující stav loupáč potvrdí „OK“ a svým podpisem u každého loupaného svazku v „Knize loupání“
Průměr:
a) laser - automatický zápis dat v aplikaci V.I.S. v databázi „KJT Žihárna-laser“
b) mikrometrem- písemně do „Knihy měření tolerancí na loupacím stroji“.
- Zápisem v knihách i v aplikaci V.I.S. se pouští svazky tyčí do další technologické operace. V případě loupání „D“ – materiálu uvede u zakázky znak „D“ v „Knize loupání“.
12. Postup při nedodržení Při nevyhovující povrchové kvalitě (šroubovice, černé skvrny – pro vizuální názornost „Vzorník vad výrobku na KJT“ a neodpovídajícímu požadavku tolerance průměru dle konkrétní zakázky zastavuje loupáč činnost, provádí seřízení popř. výměny nožů v obráběcí hlavě, podávacích válců.
- Loupáč označí nevyhovující tyče dle bodu 10. tohoto KP a zaeviduje do „Delfin“, transakce C200P – hlavní program.



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat, vedoucí bakalářské práce Ing. et Ing. Mgr. Jana Petru, Ph.D. za její trpělivost, cenné připomínky a rady při zpracování této bakalářské práce.